

**(2) Japanese Patent Application Laid-Open No. 2002-24201**

The following is English translation of an extract from the above-identified document relevant to the present application.

This invention provides a semiconductor integrated circuit capable of  
5 debugging effectively.

The present invention comprises an MPU core 1, an internal RAM2 storing a program to operate the MPU core 1, a peripheral circuit 3 that sends signals to and receive signals from the MPU core 1, a signal selecting circuit 31 that selects any internal signal of the MPU core 1, a signal selecting circuit 32 that selects any  
10 internal signal of the peripheral circuit 3, and a signal selecting circuit 33 that selects any output of these signal selecting circuits 31 and 32, and since it is possible to change over the selecting performance of each of the signal selecting circuits 31- 33 discretionarily as needed, detailed real-time analysis of internal performance of a system LSI is possible. Besides, even in case terminals for a monitor are limited,  
15 since plural monitor signals can be easily changed over and output, the efficiency of debugging is improved.

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-24201

(P2002-24201A)

(43) 公開日 平成14年1月25日 (2002.1.25)

(51) Int.Cl.<sup>7</sup>

G 0 6 F 15/78

11/22

11/28

識別記号

5 1 0

3 4 0

F I

G 0 6 F 15/78

11/22

11/28

テーマコード\* (参考)

5 1 0 K 5 B 0 4 2

3 4 0 C 5 B 0 4 8

L 5 B 0 6 2

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号 特願2000-208601 (P2000-208601)

(22) 出願日 平成12年7月10日 (2000.7.10)

(71) 出願人 000003078

株式会社東芝

東京都港区芝浦一丁目1番1号

(72) 発明者 斎藤利忠

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝マイクロエレクトロニクスセンター内

(74) 代理人 100064285

弁理士 佐藤 一雄 (外3名)

Fターム(参考) 5B042 GA13 CC03 HH01 HH30 MA05

MB01 MC01

5B048 AA12 DD09 DD10

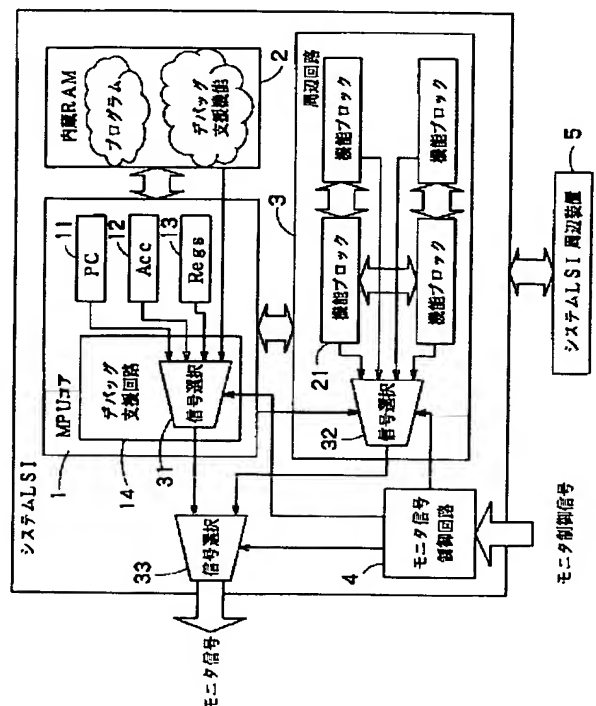
5B062 AA10 CC01 EE05 JJ07 JJ08

(54) 【発明の名称】 半導体集積回路

(57) 【要約】

【課題】 効率よくデバッグを行うことができる半導体集積回路を提供する。

【解決手段】 本発明は、MPUコア1と、MPUコア1を動作させるためのプログラムを格納した内蔵RAM 2と、MPUコア1と信号の送受を行う周辺回路3と、MPUコア1の内部信号のいずれかを選択する信号選択回路31と、周辺回路3の内部信号のいずれかを選択する信号選択回路32と、これら信号選択回路31、32のいずれかの出力を選択する信号選択回路33とを有し、各信号選択回路31～33の選択動作を必要に応じて任意に切り替えできるようにしたため、システムLSIの内部動作をリアルタイムに詳細に解析することができる。また、モニタ用の端子が限られている場合でも、複数のモニタ信号を簡易に切り替えて出力できるため、デバッグの効率を向上できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】プログラムを格納した記憶回路と、

前記プログラムに従って処理動作を行う制御回路と、  
少なくとも一つの機能ブロックを有し、前記制御回路との信号の送受が可能とされ、入力信号に応じて所定の論理動作を行う周辺回路と、を備えた半導体集積回路において、

前記制御回路は、

プログラムカウンタと、

少なくとも一つの演算器と、

少なくとも一つのレジスタと、

前記プログラムカウンタ、前記演算器、前記レジスタ、および前記記憶回路の少なくとも一つの値を任意に選択して出力する第1の選択手段と、を有し、

前記周辺回路は、前記機能ブロックの出力を含む前記周辺回路内の複数の内部信号の中からいずれかを任意に選択して出力する第2の選択手段を有し、

前記第1および第2の選択手段の各出力のいずれかを任意に選択して外部に出力する第3の選択手段を備えることを特徴とする半導体集積回路。

【請求項2】前記第1、第2および第3の選択手段の選択動作を切替制御可能な選択制御手段を備えることを特徴とする請求項1に記載の半導体集積回路。

【請求項3】前記選択制御手段は、前記制御回路が処理動作中に生成した制御信号と外部から供給された制御信号とに基づいて、前記第1、第2および第3の選択手段の選択動作を切替制御することとを特徴とする請求項1または2に記載の半導体集積回路。

【請求項4】前記制御回路は複数設けられ、

前記第2の選択手段は、前記複数の制御回路それぞれが処理動作中に生成した制御信号に基づいて選択動作を行い、

前記第3の選択手段は、前記複数の制御回路それぞれが処理動作中に生成した制御信号と外部から供給された制御信号とに基づいて、前記第1の選択手段の出力と前記第2の選択手段の出力とのいずれかを任意に選択して外部に出力することとを特徴とする請求項1～3のいずれかに記載の半導体集積回路。

【請求項5】前記第1、第2および第3の選択手段の少なくとも一つは、選択した信号をシリアル・パラレル変換、パラレル・シリアル変換または所定の時間間隔で間引いて出力することとを特徴とする請求項1～4のいずれかに記載の半導体集積回路。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、マイクロプロセッサなどの制御回路とその周辺回路とをワンチップ化した半導体集積回路の動作確認およびファームウェアのデバッグを簡易化する技術に関する。

【0002】

【従来の技術】最近のマイクロプロセッサ（以下、MPUと呼ぶ）は、機能が非常に複雑であり、その動作解析をするのは容易ではない。このため、最近のMPUには、デバッグと呼ばれる動作解析支援用のソフトウェアや、図7に示すようにデバッグと協調動作するデバッグ支援回路52が予め組み込まれていることが多い。デバッグやデバッグ支援回路52は、プログラムのトレースやステップ実行、ブレークポイントの設定などを容易に行うことができ、システム外部装置53からMPU51の挙動を詳細に検証することができる。

【0003】

【発明が解決しようとする課題】一方、図8に示すように、MPU51と周辺回路54を内部に含むシステムの動作解析を行う場合、そのシステムがリアルタイム性が強い場合には、ステップ実行やブレークポイントを用いたデバッグだけでは、システム外部装置53および周辺回路54とのタイミングの整合性を維持するのが困難なため、システムの挙動を十分に再現するのが難しい。

【0004】すなわち、システム内部のMPU51単体のデバッグについては、従来のデバッグ等のデバッグ支援回路52を用いて動作確認をすることができるが、MPU51とその周辺回路54との信号のやり取りについて、詳細にデバッグすることはできない。

【0005】また、LSIの内部に複数のMPUコアが内蔵されているシステムLSIでは、LSIの内部信号を直接モニタするのが難しい上に、周辺回路54とのタイミング制約があるために、上述した単独のMPUの動作確認用のデバッグを用いた動作確認作業が困難である。

【0006】さらに、図9に示すように、LSIの内部信号をモニタするために、モニタ専用の端子を新たに設けると、その分、LSIのピン数が増えることになり、LSIのピン数の制約から、モニタすべき信号の種類を制限しなければならなくなる。すなわち、ピン数の制約から、デバッグ対象が制限されるおそれがある。

【0007】本発明は、このような点に鑑みてなされたものであり、その目的は、効率よくデバッグを行うことができる半導体集積回路を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】上述した課題を解決するために、請求項1の発明は、プログラムを格納した記憶回路と、前記プログラムに従って処理動作を行う制御回路と、少なくとも一つの機能ブロックを有し、前記制御回路との信号の送受が可能とされ、入力信号に応じて所定の論理動作を行う周辺回路と、を備えた半導体集積回路において、前記制御回路は、プログラムカウンタと、少なくとも一つの演算器と、少なくとも一つのレジスタと、前記プログラムカウンタ、前記演算器、前記レジスタ、および前記記憶回路の少なくとも一つの値を任意に選択して出力する第1の選択手段と、を有し、前記周辺

回路は、前記機能ブロックの出力を含む前記周辺回路内の複数の内部信号の中からいずれかを任意に選択して出力する第2の選択手段を有し、前記第1および第2の選択手段の各出力のいずれかを任意に選択して外部に出力する第3の選択手段を備える。

【0009】請求項1の発明では、制御回路の内部の信号と周辺回路の内部の信号とのいずれかを任意に選択して出力できるため、半導体集積回路の内部状態をリアルタイムに解析できる。

【0010】請求項2の発明では、選択制御手段の制御により、第1～第3の選択手段の選択を任意に切り替えることができる。また、外部からの信号により選択制御手段を制御すれば、外部から第1～第3の選択手段の選択を制御することができる。

【0011】請求項3の発明では、制御回路が処理動作中に生成した制御信号に基づいて、第2および第3の選択手段の選択を切り替えるため、制御回路の動作状態に最適な信号をモニタすることができ、リアルタイムの解析が可能になる。

【0012】請求項4の発明では、制御回路が複数存在する場合でも、各制御回路の内部状態を解析することができる。

【0013】請求項5の発明では、選択した信号をシリアル・パラレル変換、あるいは間引いて出力することにより、モニタすべき信号のデータレートを下げることができ、モニタすべき信号の取りこぼしが生じなくなる。また、選択した信号をパラレル・シリアル変換して出力することにより、モニタすべき信号のデータレートを上げることができ、また、モニタ端子の数を減らすことができる。

【0014】

【発明の実施の形態】以下、本発明に係る半導体集積回路について、図面を参照しながら具体的に説明する。以下では、半導体集積回路の一例として、MPUコアとその周辺回路とをワンチップにまとめたシステムLSIについて説明する。

【0015】（第1の実施形態）図1は本発明に係る半導体集積回路の第1の実施形態であるシステムLSIの内部構成を示すブロック図である。図1のシステムLSIは、MPUコア（制御回路）1と、MPUコア1を動作させるためのプログラムを格納した内蔵RAM(Random Access Memory、記憶回路)2と、MPUコア1と信号の送受を行う周辺回路3と、複数のモニタ信号の中からいずれかを選択するモニタ信号制御回路4とを備えている。

【0016】システムLSIには、システムLSI周辺装置5が接続されており、両者は互いに信号の送受を行う。内蔵RAM2には、MPUコア1を動作させるためのプログラムの他に、デバッグ支援機能プログラムが内蔵されている。

【0017】MPUコア1の内部には、通常のMPUと同様に、プログラムカウンタ(PC)11と、アキュムレータ(Acc、演算器)12と、各種レジスタ(Regs)13と、デバッグ支援回路14とが設けられている。アキュムレータ12やレジスタ13は通常複数設けられ、レジスタ13には、汎用レジスタ、命令レジスタおよびフラグレジスタなどがある。

【0018】周辺回路3の内部には、少なくとも一つの機能ブロック21が含まれており、各機能ブロック21は互いに信号の送受を行うとともに、MPUコア1とも信号の送受を行う。各機能ブロック21は、ゲート回路やフリップフロップ等の論理回路や組み合わせ回路で構成されている。

【0019】本実施形態のシステムLSIは、信号選択回路（第1の選択手段）31を内蔵したデバッグ支援回路14をMPUコア1の内部に設けた点と、周辺回路3の内部に信号選択回路（第2の選択手段）32を設けた点と、最終的なモニタ信号を選択する信号選択回路（第3の選択手段）33を設けた点と、各信号選択回路31～33の選択動作を制御するモニタ信号制御回路4を設けた点とに特徴がある。

【0020】デバッグ支援回路14内の信号選択回路31は、モニタ信号制御回路（選択制御手段）4からの制御信号に基づいて、プログラムカウンタ11、アキュムレータ12、各種レジスタ13、および内蔵RAM2の値のうち、いずれかを選択して出力する。

【0021】周辺回路3内の信号選択回路32は、モニタ信号制御回路4からの制御信号に基づいて、各機能ブロック21の出力のうち、いずれかを選択して出力する。

【0022】信号選択回路33は、モニタ信号制御回路4からの制御信号に基づいて、MPUコア1および周辺回路3内の各信号選択回路31、32の出力のうち、いずれかを選択して出力する。信号選択回路33で選択された信号は、システムLSIのモニタ端子に供給される。

【0023】ここで、信号選択回路31～33が選択する対象は必ずしも一つでなくてもよい。例えば、モニタ端子が複数設けられている場合には、選択した複数の対象をそれぞれ異なるモニタ端子に供給することができる。

【0024】また、モニタ端子は、必ずしもモニタ専用の端子である必要はなく、システムLSIの通常動作時に入力端子や出力端子として機能する端子を一時的に流用してもよい。

【0025】MPUコア1内のデバッグ支援回路14は、内蔵RAM2に格納されたデバッグ支援機能プログラムに基づいてデバッグ処理を行う。モニタ信号制御回路4は、外部から供給されたモニタ制御信号に基づいて、信号選択回路31～33の選択を行う。これによ

り、MPUコア1や周辺回路3の内部状態を任意のタイミングで切り替えてモニタすることができる。

【0026】このように、第1の実施形態は、MPUコア1の内部信号のいずれかを選択する信号選択回路31と、周辺回路3の内部信号のいずれかを選択する信号選択回路32と、これら信号選択回路31、32のいずれかの出力を選択する信号選択回路33とを有し、各信号選択回路31～33の選択動作を必要に応じて任意に切り替えできるようにしたため、システムLSIの内部動作をリアルタイムに詳細に解析することができる。また、モニタ用の端子が限られている場合でも、複数のモニタ信号を簡易に切り替えて出力できるため、デバッグの効率を向上できる。

【0027】（第2の実施形態）第2の実施形態は、MPUコア1の動作状態を加味してモニタすべき信号を選択するものである。

【0028】図2は本発明に係る半導体集積回路の第2の実施形態であるシステムLSIの内部構成を示すブロック図である。図2では、図1と共通する構成部分には同一符号を付しており、以下では相違点を中心に説明する。

【0029】図2のシステムLSIは、基本的な構成は図1のシステムLSIと同じであるが、信号選択回路31～33にMPUコア1からの制御信号が供給される点で図1のシステムLSIと異なっている。

【0030】MPUコア1からの制御信号は、MPUコア1が現在どういう動作状態にあるかを示す信号である。信号選択回路31～33は、モニタ信号制御回路4からの制御信号とMPUコア1からの制御信号とに基づいて、モニタ信号を選択する。具体的には、MPUコア1の動作状態に応じて、最適なモニタ信号を選択する。

【0031】このように、第2の実施形態は、モニタ信号制御回路4からの制御信号だけでなく、MPUコア1からの制御信号も考慮に入れてモニタ信号を選択するため、MPUコア1の動作状態に応じてモニタ信号を切り替えることができる。すなわち、常に必要な信号をモニタすることができるため、デバッグの効率がよくなる。

【0032】なお、モニタ信号制御回路4からの制御信号を用いずに、MPUコア1からの制御信号のみに従ってモニタ信号を選択してもよい。この場合、外部からモニタ信号を入力しなくてもデバッグを行うことができる。

【0033】（第3の実施形態）第3の実施形態は、複数のMPUコア1を有するシステムLSIのデバッグを行うものである。

【0034】図3は本発明に係る半導体集積回路の第3の実施形態であるシステムLSIの内部構成を示すブロック図である。図3では、図2と共通する構成部分には同一符号を付しており、以下では相違点を中心に説明する。

【0035】図3のシステムLSIは、複数のMPUコア1と、各MPUコア1を動作させるためのプログラムを格納した複数の内蔵RAM2とを有する。

【0036】各MPUコア1はそれぞれ信号選択回路31を有する。信号選択回路33は、各MPUコア1の信号選択回路31の出力と、周辺回路3内の信号選択回路32の出力との中からいずれかを選択する。

【0037】図3の信号選択回路31、32、33は、図2と同様に、モニタ信号制御回路4からの制御信号と、MPUコア1からの制御信号とに基づいて、選択動作を行う。したがって、MPUコア1の動作状況に応じて、リアルタイムにモニタ信号を切り替えることができる。

【0038】このように、第3の実施形態では、システムLSI内部に複数のMPUコア1が設けられている場合に、各MPUコア1ごとに信号選択回路31を設け、これら信号選択回路31のいずれかを任意に選択できるようにしたため、各MPUコア1の動作状態をリアルタイムにモニタすることができる。

【0039】また、信号選択回路32、33は、各MPUコア1の動作状態に応じてモニタ信号の選択を行うため、デバッグする上で最適な信号をモニタすることができ、デバッグの効率を上げることができる。

【0040】（第4の実施形態）第4の実施形態は、モニタ信号をシリアル／パラレル変換して、複数の端子から出力するものである。

【0041】図4は本発明に係る半導体集積回路の第4の実施形態であるシステムLSIの内部構成を示すブロック図である。図4では、図3と共通する構成部分には同一符号を付しており、以下では相違点を中心に説明する。

【0042】図4のシステムLSIは、信号選択回路33の出力信号をシリアル／パラレル変換するシリアル／パラレル変換器34を備えている他は、図4と共通する。このシリアル／パラレル変換器34の出力は、複数のモニタ端子に供給される。

【0043】モニタ信号をシリアル／パラレル変換して複数のモニタ端子に供給することにより、モニタ信号の周波数（データレート）を実質的に引き下げることができる。したがって、モニタ信号が急激に変化しても、取りこぼしなくモニタすることができる。

【0044】なお、シリアル／パラレル変換器34の代わりに、信号間引き回路を設けてもよい。信号間引き回路は、モニタ信号を所定間隔で取り込むことにより、モニタ端子の数を増やすことなく、モニタ信号の周波数（データレート）を実質的に引き下げる。

【0045】信号間引き回路は、モニタ信号の一部だけを取り込むことになるため、情報が一部欠落してしまうが、モニタ信号の概略的な変化は把握することができる。したがって、長周期で信号レベルが変化する信号を

モニタしたい場合に有効である。

【0046】なお、信号選択回路31、32の少なくとも一方の出力信号をシリアル／パラレル変換するシリアル／パラレル変換器か、信号間引き回路を設けてもよい。

【0047】（第5の実施形態）第5の実施形態は、第4の実施形態とは逆に、モニタすべき複数の信号をパラレル／シリアル変換してから、モニタ端子に供給するものである。

【0048】図5は本発明に係る半導体集積回路の第5の実施形態であるシステムLSIの内部構成を示すブロック図である。図5では、図4と共通する構成部分には同一符号を付しており、以下では相違点を中心に説明する。

【0049】図5の信号選択回路33は、少なくとも2種類のモニタ信号を出力する。これらモニタ信号は、パラレル／シリアル変換器35に入力されて一本のモニタ信号に変換されてから、モニタ端子に供給される。

【0050】図6はパラレル／シリアル変換器35から出力されるモニタ信号のデータ形式を示す図である。パラレル／シリアル変換器35は、図6（a）に示すモニタ信号a1～a4と図6（b）に示すモニタ信号b1～b4とを時分割多重して、図6（c）に示すような信号を出力する。図示のように、時分割多重することにより、モニタ信号の周波数（データレート）が高くなるため、単位時間あたりの情報量を増やすことができる。すなわち、最終的なモニタ信号のバンド幅を高くすることができ、短時間でデバッグを行うことができる。

【0051】また、パラレル／シリアル変換することにより、モニタ端子の数を減らすことができ、半導体集積回路のピン数の増加を抑制できる。

【0052】なお、信号選択回路31、32の少なくとも一方の出力信号をパラレル／シリアル変換するパラレル／シリアル変換器を設けてもよい。

【0053】（第6の実施形態）上述した各実施形態において、信号選択回路から出力された最終的なモニタ信号は、システムLSIに設けられたモニタ専用の端子に供給されてもよいし、あるいは、通常動作時に入力端子や出力端子として用いられる端子に供給されてもよい。

【0054】モニタ専用の端子を設けると、システムLSI内部での信号の切替処理が不要になるため、システムLSIの内部構成を簡略化できる。また、通常動作時に入力端子や出力端子として用いられる端子と共用する場合には、システムLSIの端子数を増やすことなく、種々の信号をモニタすることができる。すなわち、システムLSIの端子を有効利用できる。

【0055】上述した各実施形態では、MPUコア1の内部のプログラムカウンタ11、アキュムレータ12、

および各種レジスタ13の値を信号選択回路で選択する例を説明したが、MPUコア1の内部状態を解析する具体的な回路ブロックは特に問わない。同様に、周辺回路3の内部状態を解析する具体的な回路ブロックも特に問わない。

【0056】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、本発明によれば、マイクロプロセッサ等の制御回路の内部信号の中から任意に選択した信号と周辺回路の内部信号の中から任意に選択した信号との中からいずれかの信号を任意に選択して出力できるようにしたため、モニタ信号をリアルタイムに切り替えて出力でき、デバッグ効率を上げることができる。

【0057】また、制御回路からの制御信号に基づいてモニタ信号の切り替えを行うようにすれば、制御回路の動作状態に応じてモニタ信号を切り替えることができ、モニタする信号の数が少なくても、効率よくデバッグを行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る半導体集積回路の第1の実施形態であるシステムLSIの内部構成を示すブロック図。

【図2】本発明に係る半導体集積回路の第2の実施形態であるシステムLSIの内部構成を示すブロック図。

【図3】本発明に係る半導体集積回路の第3の実施形態であるシステムLSIの内部構成を示すブロック図。

【図4】本発明に係る半導体集積回路の第4の実施形態であるシステムLSIの内部構成を示すブロック図。

【図5】本発明に係る半導体集積回路の第5の実施形態であるシステムLSIの内部構成を示すブロック図。

【図6】パラレル／シリアル変換器から出力されるモニタ信号のデータ形式を示す図。

【図7】従来のデバッグ手法を説明する図。

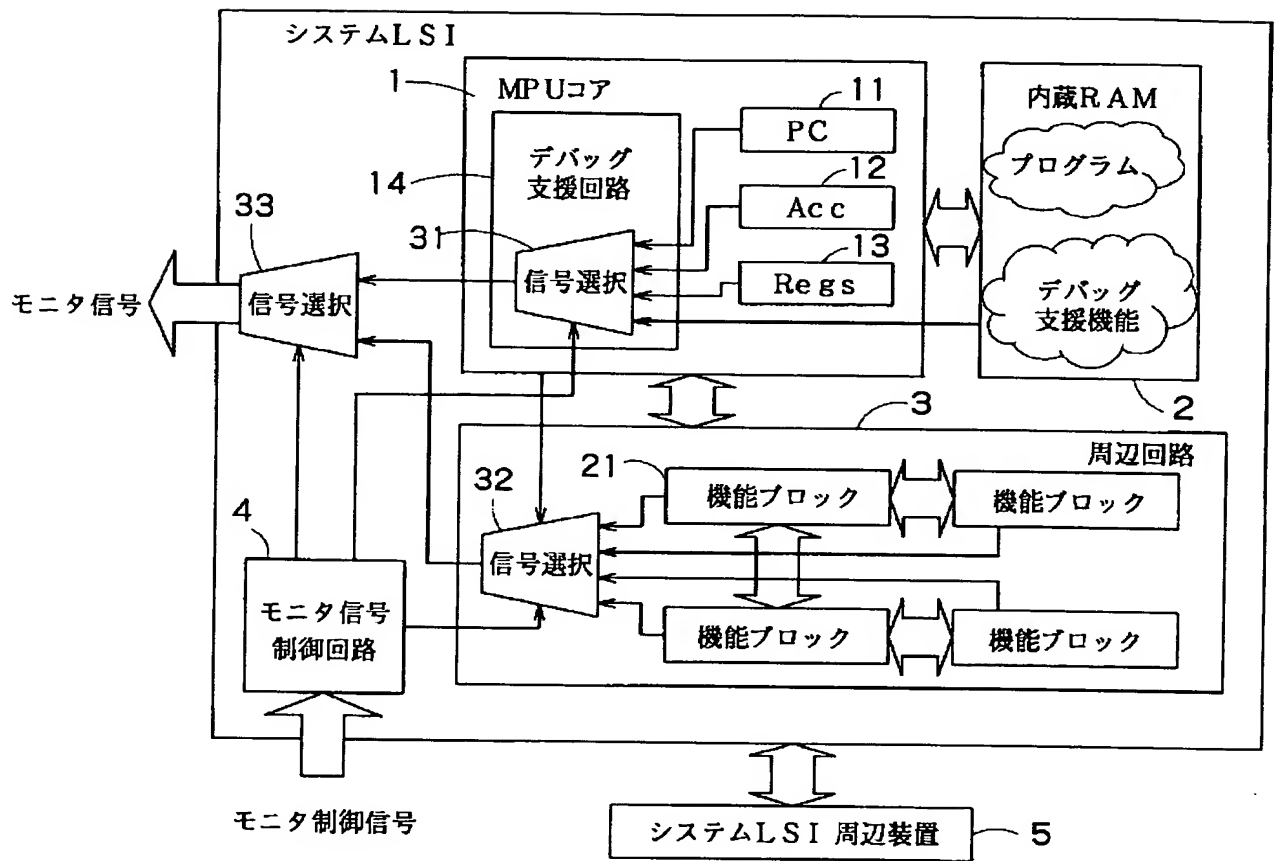
【図8】MPUと周辺回路を有する従来のシステムのブロック図。

【図9】モニタ専用の端子を有する従来のシステムのブロック図。

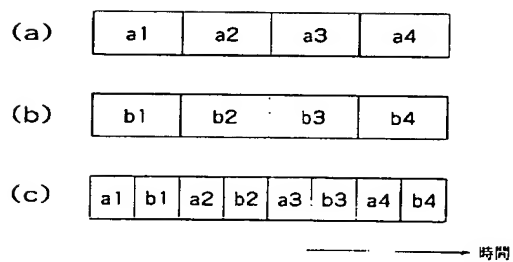
【符号の説明】

- 1 MPUコア
- 2 内蔵RAM
- 3 周辺回路
- 4 モニタ信号制御回路
- 5 システムLSI周辺回路
- 11 プログラムカウンタ
- 12 アキュムレータ
- 13 各種レジスタ
- 14 デバッグ支援回路
- 31～33 信号選択回路

【図1】



【図6】



システムLSI

1 MPUコア

11 PC

12 Acc

13 Regs

デバッグ支援回路

信号選択

31

14

33

モニタ信号

信号選択

4

モニタ信号制御回路

モニタ制御信号

2 内蔵RAM

プログラム

デバッグ支援機能

3 周辺回路

21 機能ブロック

32 信号選択

機能ブロック

機能ブロック

機能ブロック

機能ブロック

5 システムLSI 周辺装置

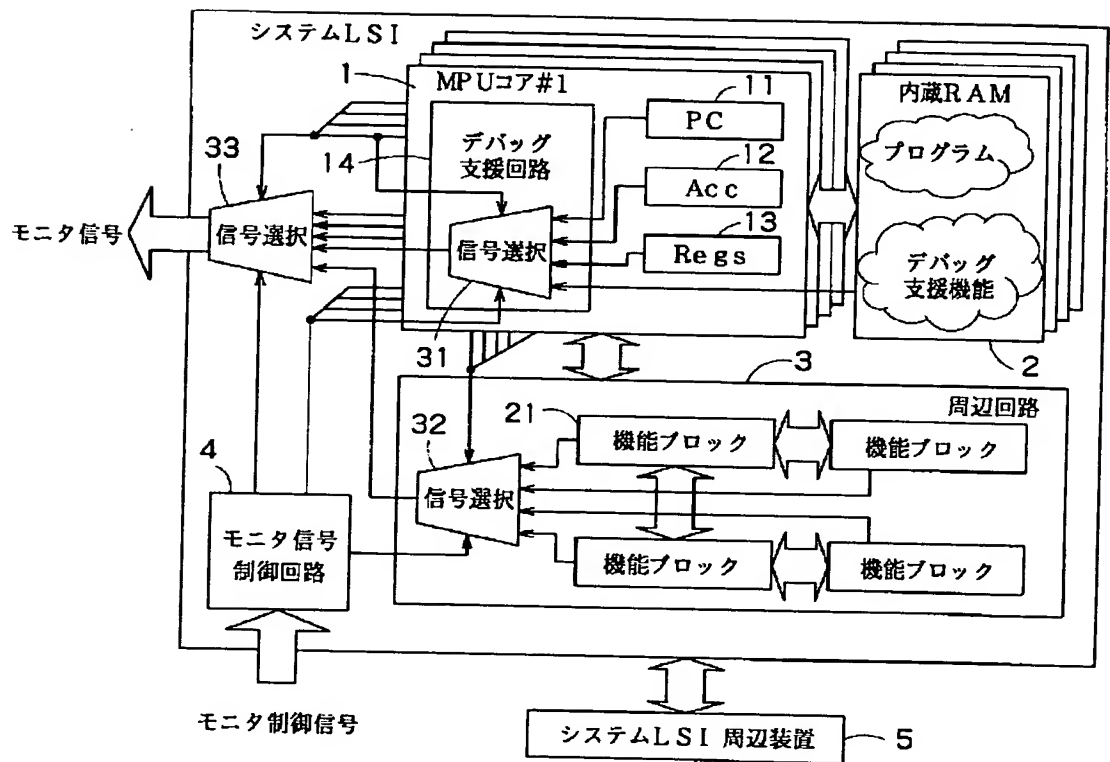
```

graph LR
    subgraph System [システム]
        MPU[MPU 51]
        subgraph ExternalStorage [外部記憶装置]
            Program((プログラム))
            Debugger((デバッガ))
        end
        MPU <--> ExternalStorage
    end
    subgraph MPU_51 [51]
        DebugSupport[デバッグ支援機能 52]
    end
    System <--> ExternalDevice[システム外部装置 53]

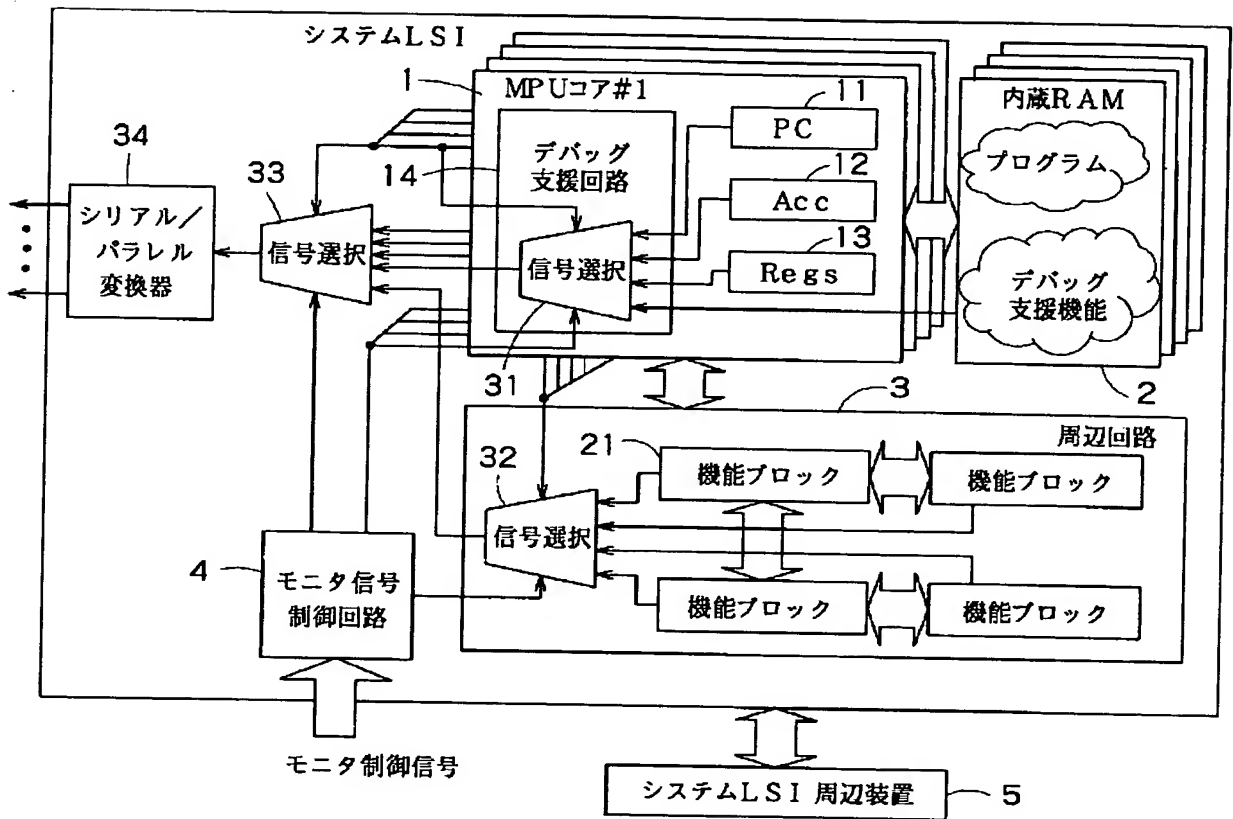
```



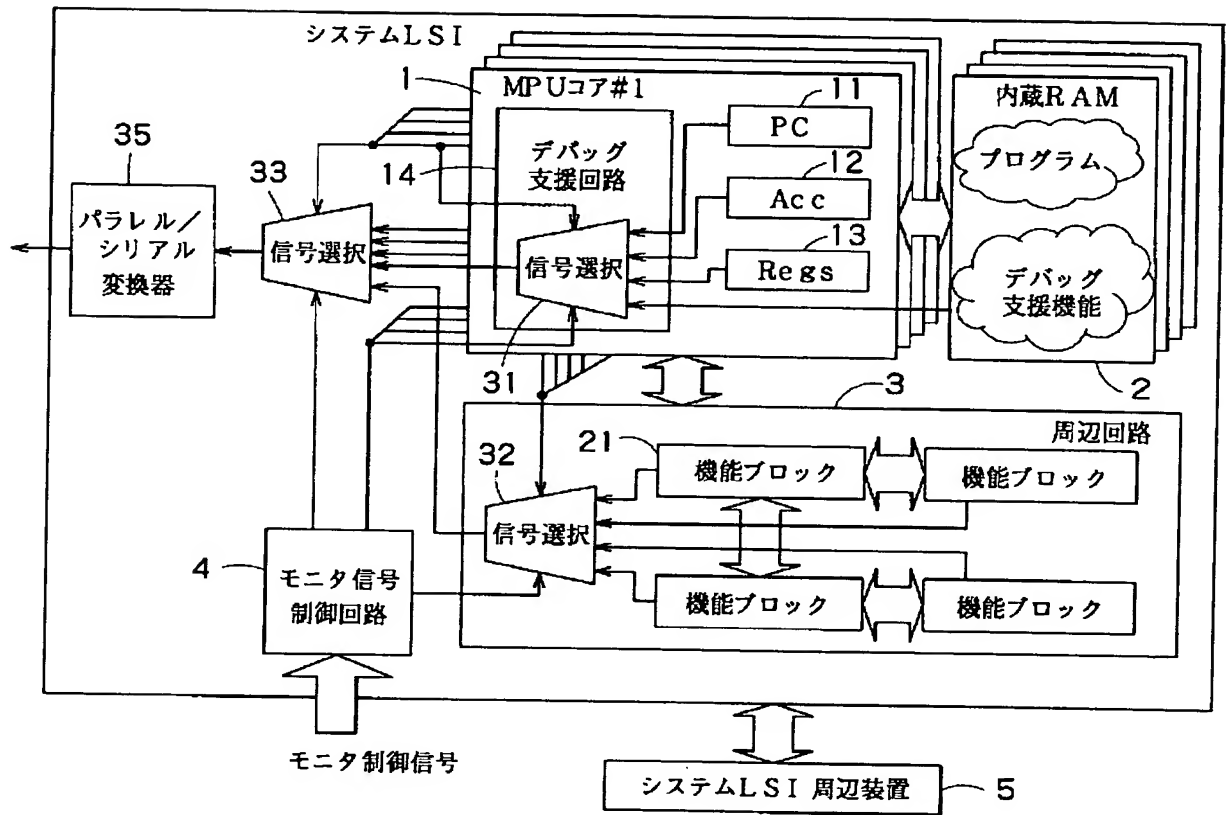
【図3】



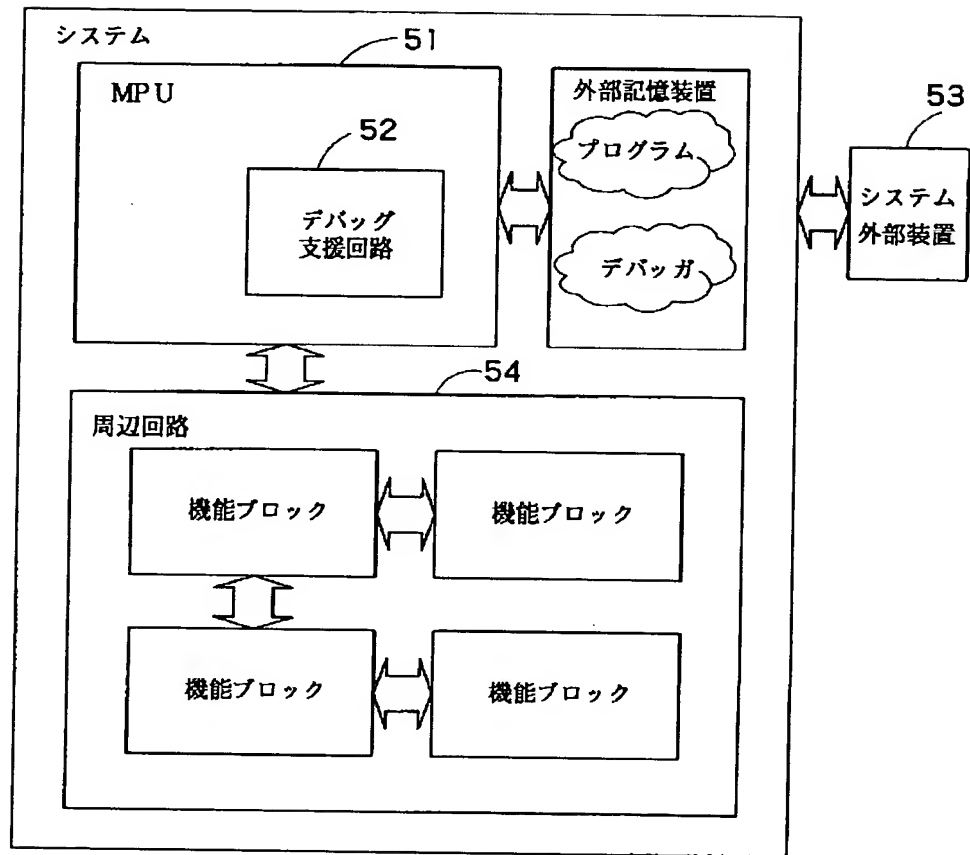
【図4】



【図5】



【図8】



【図9】

